

**Über die Tagesrhythmik des elektrischen
Widerstandes der Haut bei Kindern**

Werner Niggeschmidt



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41555227_0006

AUS DER KINDERPOLIKLINIK DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Direktor: Professor Dr. G. WEBER

ÜBER DIE TAGESRHYTHMIK DES ELEKTRISCHEN WIDERSTANDES

DER HAUT BEI KINDERN

Inaugural - Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfasst und einer Hohen Medizinischen Fakultät der
Ludwig - Maximilians - Universität zu München

vorgelegt von

Werner Niggeschmidt
aus Berlin



München 1958

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter : Privatdozent Dr. Th. HELLBRÜGGE

Mitberichterstatter : Professor Dr. G. WEBER

Dekan : Professor Dr. W. BÜNGELER

Tag der mündlichen Prüfung: 17. JULI 1958

M e i n e n E l t e r n
g e w i d m e t

ÜBER DIE TAGESRHYTHMIK DES ELEKTRISCHEN WIDERSTANDES DER HAUT BEI KINDERN

Das Verhalten des Widerstandes der Haut gegenüber elektrischem Strom ist in den vergangenen Jahren in mancher Hinsicht erforscht worden. Schon im Jahre 1888 veröffentlichte VIGOUROUX (49) eine Arbeit über den elektrischen Widerstand des menschlichen Körpers, in der er für Änderungen des Widerstandes besonders die oberen Hautschichten verantwortlich machte. Andere Untersuchungen beschäftigten sich mit dem Phänomen, dass die Leitfähigkeit der Haut gegenüber galvanischem Strom niedriger Spannung schon bei geringen psychischen Affekten verändert wird.

Wie VERAGUTH (48) 1904 nachweisen konnte, führen akustische, optische oder auch psychische Reize wie Schreck, Ärger, Schmerz und Verlegenheit zu einem messbaren Anstieg der Leitfähigkeit über dieses in Laienkreisen als Lügendetektor bekannte Phänomen hinaus hat man versucht, den elektrischen Hautwiderstand und seine Veränderungen der medizinischen Diagnostik dienstbar zu machen. Die Probleme der Messtechnik und die Auslegung der Befunde gewannen auch bei Kindern zunehmende Bedeutung. Aus diesem Grunde soll im folgenden eine kurze Literaturübersicht über diesbezügliche Beobachtungen gegeben und durch eigene Untersuchungen über das Verhalten des Hautwiderstandes gegenüber Gleichstrom bei Kindern zu verschiedenen Tageszeiten ergänzt werden.

Bevor auf das Verhalten des elektrischen Hautwiderstandes bei Kindern eingegangen wird, seien zunächst einige methodische Bemerkungen vorangestellt. Grundsätzlich ist es möglich, den elektrischen Widerstand der Haut mit Wechselstrom oder mit Gleichstrom zu messen. Die klinischen Untersuchungen des elektrischen Hautwiderstandes wurden hauptsächlich mit Gleichstrom durchgeführt.

Legt man an die Haut einen schwachen Strom an, dann lässt sich mit einem in den Stromkreis eingeschalteten Galvanometer eine Abschwächung des elektrischen Stromes feststellen. Diese Abschwächung ist da-

durch zu erklären, dass die Haut ein stark polarisierbares Gewebe ist, welches bei der Durchströmung mit Gleichstrom Gegenströme entwickelt. Die Polarisierung tritt an den Zellgrenzflächen auf, welche dem Ionenfluss Hindernisse in den Weg legen (SCHAEFER, 43, 44). Die Messung des Gleichstromwiderstandes der Haut ist also hauptsächlich die Messung eines durch den Messstrom hervorgerufenen polarisatorischen Gegenstromes. Nach dem OHMschen Gesetz ($R=U:I$) kann dieser scheinbare Widerstand der Haut (R) aus der Spannung (U) und der Stromstärke (I) errechnet werden. Bei diesen Widerstandsbestimmungen ist es also möglich, den Hautwiderstand aus Spannungsänderungen bei gleichbleibender Stromstärke oder auch aus Stromstärkeänderungen bei gleichbleibender Spannung zu bestimmen.

C. P. RICHTER (36) führte 1924 Messungen durch, bei denen er den Hautwiderstand durch Spannungsänderungen bestimmte. Er bediente sich einer Messanordnung, mit der er die durch die Versuchsperson im Messstromkreis hervorgerufene Abnahme der Stromstärke feststellen konnte. Er erhöhte daraufhin die Spannung im Messstromkreis solange, bis der Ausgangswert wieder erreicht war. Aus dieser jeweils notwendigen Spannungserhöhung wurde der Hautwiderstand nach dem OHMschen Gesetz errechnet. Da Spannung und Widerstand nach dem OHMschen Gesetz in linearer Abhängigkeit zueinander stehen, sind die gemessenen Spannungsänderungen den Widerstandsänderungen direkt proportional. Für genaue Messungen des elektrischen Hautwiderstandes sind Spannungsmessungen jedoch nicht sehr vorteilhaft, weil bei höheren Widerständen Messspannungen bis zu 40 Volt benötigt werden. Nach Untersuchungen von SCHAEFER (43) führen so hohe Messspannungen jedoch schon nach wenigen Sekunden zu einer starken Erniedrigung des Hautwiderstandes. Auch VIGOUROUX (49) wies auf diese Tatsache hin.

Bei späteren Untersuchungen gingen RICHTER und WHELAN (51) dazu über, den Gleichstromwiderstand der Haut bei konstanter Spannung nach dem OHMschen Gesetz aus der Abschwächung der Stromstärke zu bestimmen. Dieses Vorgehen ist zwar einfacher als das frühere Verfahren RICHTERs, es hat aber den Nachteil, dass die Messgenauigkeit von der Grösse des Hautwiderstandes abhängig ist. Da das Verhältnis von Widerstand und Stromstärke nicht linear ist, sondern geometrisch progressiv verläuft,

entsprechen gleiche Stromstärkeänderungen in niedrigen Bereichen sehr viel grösseren Widerstandsänderungen als in höheren Bereichen.

Auch REGELSBERGER (30, 34) führte Stromstärkemessungen bei gleichbleibender Spannung durch. Im Gegensatz zu RICHTER nahm er bei seinen Untersuchungen aber keine Umrechnungen der Stromstärkemesswerte nach dem OHMschen Gesetz zur Bestimmung der Widerstände vor, sondern bezeichnete diese "umgekehrten Werte des Widerstandes ingenieurtechnisch als Leitwerte" und sprach von einer "Leitwertmessung".

Die vorstehenden Ausführungen über die einzelnen Messverfahren machen deutlich, dass bei einer Bestimmung des Hautwiderstandes durch Stromstärkemessungen im Bereich niedriger Stromstärken und somit sehr hoher Widerstände zur genaueren Bestimmung der Widerstandsänderungen Verfeinerungen der Messmethoden notwendig sind. JASPER (23) entwickelte ein Verfahren, bei dem er die Ablesegenauigkeit für die hohen Widerstandsbereiche dadurch verbesserte, dass er die Spannung bis auf das 10-fache des Ausgangswertes steigern konnte. Wie schon oben erwähnt wurde, wird der Widerstand der Haut jedoch durch höhere Spannungen innerhalb sehr kurzer Zeit merklich reduziert.

RUTENFRANZ (42) bediente sich bei seinen Untersuchungen einer Messanordnung, bei der er für die niedrigen Stromstärkebereiche statt des normalerweise von ihm benutzten Zeigergalvanometers ein Lichtzeigergalvanometer von 20-facher Empfindlichkeit einschalten konnte. Mit letzterer Messanordnung wurden auch die Versuche dieser Arbeit durchgeführt.

Zur Verbindung der Haut mit der Messanordnung darf man metallische Elektroden nicht unmittelbar an die Haut anlegen. Derartige Elektroden würden schon nach kurzem Gebrauch durch den Stromfluss polarisiert. Man versteht darunter, dass sie sich wie kleine galvanische Elemente verhalten und durch unkontrollierbare Eigenströme die Messergebnisse beeinflussen. Nach den Ausführungen von REIN (35) ist "jede Frage nach dem Gleichstromwiderstand der Haut wie sich zeigt eine Elektrodenfrage". GILDEMEISTER (16) forderte, dass die Elektroden unpolarisierbar, gleichartig (das heisst ohne Potentialdifferenz gegeneinander), von kleinem Eigenwiderstand, unveränderlich, unschädlich für

das Gewebe und endlich bequem herzustellen sind. Als unpolarisierbare Elektroden werden in der Physiologie Metallstäbe benutzt, die in eine Salzlösung des gleichen Metalls eintauchen (z.B. Zn-Stäbe in ZnSO_4 -Lösung). Derartige Lösungen dürfen aber wegen ihrer gewebefeindlichen Wirkung nicht direkt auf die Haut aufgebracht werden, besonders dann nicht, wenn die Messungen an derselben Stelle mehrmals wiederholt werden sollen. Zudem sind Flüssigkeitselektroden bei wiederholten Messungen und vor allem auch nachts zu schwer zu handhaben.

REGELBERGER (34) benutzte für seine Untersuchungen "einfache silberne Scheibenelektroden in elektrolytgetränkten Filzen (physiologische NaCl-Lösung) versenkt und der Haut durch leichtesten Federdruck adaptiert". Diese Elektroden wurden mittels Fingerdruck im Abstand von einigen Zentimetern nach Augenmass angelegt. REGELBERGER verlangte dabei, dass stets der gleiche Druck angewandt wird, damit genaue Messergebnisse erzielt werden können. SELBACH und WENDE (45) stellten fest, dass man völlig unterschiedliche Ergebnisse erhält, wenn die Messungen von verschiedenen Untersuchern oder bei gleichem Untersucher mit verschiedenem Druck vorgenommen wurden. Deshalb wurde auf ihre Veranlassung "ein Druck-Kontakt-Elektrodenpaar mit konstantem seitlichem Abstand auf einem Isolierbügel mit Federdruckstab so konstruiert, dass der Messstromfluss stets bei gleichem Anpressdruck zustande kommt" (WENDE, 50). Bланke Silberelektroden gehören zu den unangreifbaren, stark polarisierbaren Elektroden. Dieser Fehler wird dadurch teilweise vermindert, dass die Elektroden in der Anordnung REGELBERGER- im Gebrauch zu Ag-AgCl- und damit zu umkehrbaren "unpolarisierbaren" Elektroden werden, wie HILL und BROWN (21) gezeigt haben. Es ist aber unbedingt zu beachten, dass Silberchloridelektroden unter Lichteinwirkung metallisches Silber ausscheiden und durch Austrocknen an ihrer Oberfläche rissig werden. Durch beide Vorgänge werden sie wieder polarisierbar (BISKUPSKI, 5). Diese Elektroden sind also lichtgeschützt und feucht aufzubewahren und auch während der Messungen gelegentlich auf Polarisationserscheinungen zu prüfen.

RUTENFRANZ (42) benutzte bei seinen Untersuchungen eine Modifikation der Druckkontaktelektrode nach SELBACH. Als Elektrodenfläche stellte er ein Platin-Silber-Silberchlorid-System nach den Angaben von

BROWN (6) her, welches über Kollodiumschwämmchen, die mit physiologischer Kochsalzlösung getränkt wurden, mit der Haut in Kontakt gebracht wurde. Diese Elektroden werden weder durch Austrocknen noch durch Licht oder durch Stromdurchfluss in ihren elektrischen Eigenschaften verändert. Empfindlich sind sie jedoch gegen mechanische Schädigungen.

Ein weites Gebiet für die Anwendung der elektrischen Hautwiderstandsmessungen erschloss sich durch die Beobachtungen von RICHTER (38) und REGELSBERGER (31, 34), dass der Hautwiderstand periodischen, von der Tageszeit abhängigen Schwankungen unterliegt. REGELSBERGER (34) bezeichnete eine solche Untersuchungsreihe von ein- bis zweistündlichen Messungen der Hautleitwerte als "Elektrodermatogramm (EDG)". Nach seiner Erklärung ist "das Grundphänomen, um das es sich hier handelt, folgendes: Legt man einen schwachen Gleichstrom, sagen wir von etwa 2 Volt Spannung unter Zwischenschaltung eines Galvanometers und eines Widerstandes von geeigneter Grösse an die Haut an und liest in etwa stündlichen Intervallen die Ausschläge ab, wobei diese am besten in einen Raster mit der Zeit als Abszisse und Ampèrewerten von zirka 10^{-7} als Ordinate eingetragen werden, so bemerkt man, dass anschliessend an die Mahlzeiten früh, mittags und abends ein sprunghafter Anstieg der Stromwerte erfolgt". Die auf solche Weise um die Mahlzeiten herum registrierte Abnahme des Hautwiderstandes erwies sich jedoch als unabhängig vom eigentlichen Vorgang der Nahrungsaufnahme. Deshalb versuchte REGELSBERGER das tageszeitliche Zusammenfallen der Veränderungen des Widerstandes mit den normalerweise üblichen Essenszeiten durch bedingte Reflexe im Sinne der PAWLOWschen Reflexlehre zu erklären. Ausser der Erhöhung der Stromstärkewerte im Anschluss an die Mahlzeiten fand REGELSBERGER (33) eine solche auch für die Nacht.

RICHTER (38) sah bei seinen Untersuchungen um die Mittagszeit niedrigere Hautwiderstände als abends und morgens. Bei früheren Untersuchungen (37) stellte er fest, dass der Widerstand während der Nacht anstieg. Sein Befund für die Nachtwerte steht damit im Gegensatz zu den Erhebungen REGELSBERGERS (33).

Die Verschiedenheit dieser und weiterer Beobachtungen hat RUTENFRANZ (42) zu klären versucht. In über 10 000 Messungen bei gesunden Perso-

nen musste er feststellen, dass die von REGELSBERGER benutzte Apparatur für eine hinreichend genaue Bestimmung des Hautwiderstandes nicht ausreichte. Mit Hilfe einer verbesserten Messanordnung konnte er nachweisen, dass die individuellen Schwankungen des Hautwiderstandes ausserordentlich gross sind. Die gesetzmässigen Veränderungen des Widerstandes der Haut im Verlauf von Tag-Nacht-Perioden liessen sich deshalb nur durch eine Mittelbildung aus einer grossen Zahl von Tagesverläufen und durch die statistische Sicherung der signifikanten Abweichungen nachweisen. Der Grundrhythmus zeigte bei Erwachsenen zwei Maxima des elektrischen Hautwiderstandes gegen 10 und 19 Uhr. Dazwischen lag ein deutliches Minimum um 13 Uhr. Zur Nacht hin sank der Widerstand auch nach dem Einschlafen noch steil ab bis zu einem Minimum etwa ein bis zwei Stunden nach Mitternacht. Darauf stieg der Widerstand dann langsam wieder an bis zum Morgengipfel.

Über das Verhalten des elektrischen Hautwiderstandes gegenüber Gleichstrom bei Kindern liegen bisher nur vereinzelte Angaben vor. REGELSBERGER (34) versuchte, die bei Erwachsenen beschriebenen elektrischen Rhythmen des Hautwiderstandes auch für Kleinkinder mit seinem durch die Firma Siemens-Reiniger hergestellten "Elektrodermatometer" zu bestätigen. Dabei stellte er fest, dass die "Koinzidenz der elektrischen Ausschläge mit der Nahrungsaufnahme auffällig war". Im Verlauf eines Tages fand er bei einem einzelnen Kind ein Abfallen der Stromstärkewerte in der Zeit zwischen 7 und 10 Uhr, einen steilen Anstieg zur Mittagszeit zwischen 10 und 14 Uhr, einen erneuten Abfall gegen 16 Uhr und einen weiteren Anstieg um 17.30 Uhr. Da die Messungen immer einige Minuten vor der Nahrungsaufnahme durchgeführt wurden, nahm er als Ursache der Schwankungen "bedingte Nahrungsreflexe" an. Eine absolute Übereinstimmung zwischen dem frühkindlichen Elektrodermatogramm (EDG) und den jeweiligen Nahrungsreizen konnte er jedoch nicht feststellen, denn "um 8 Uhr früh und um 14.30 Uhr waren die betreffenden reellen Reize nicht wirksam". Eine Erklärung glaubte er darin zu finden, "dass die elektrischen Hautreflexe als solche von zweitrangiger Lebenswichtigkeit sind und eine jüngere Erwerbung der Phylogenese darstellen". Ausserdem versuchte REGELSBERGER (34), Gesetzmässigkeiten über die Beziehungen des "Elektorrhythmus" bei Mutter und Kind in der Neonatenperiode zu ergründen. Auf Grund seiner Untersuchungen

kam er dabei zu dem Ergebnis, dass beim "Säugling, ingenieurtechnisch ausgedrückt, eine Phasenverschiebung im negativen nachschleppenden Sinn" gegenüber seiner Mutter bestehe.

RICHTER (40) führte bei 50 Neugeborenen Hautwiderstandsmessungen durch und kam dabei zu dem Ergebnis, dass der elektrische Hautwiderstand bei Neugeborenen deutlich höher ist als bei Erwachsenen.

Diese Frage versuchte BAITSCH (4) näher zu klären. Mit der gleichen Messanordnung wie REGELSBERGER untersuchte er 140 Mütter und ihre Kinder. Es ging ihm bei seinen Messungen besonders um die Klärung der Frage, "ob zwischen den EDG-Werten der Mütter und ihrer Kinder positive Korrelationen bestehen. Dabei sollte das Augenmerk allein auf die Niveausteuering gerichtet werden, die, von der Nahrungsaufnahme und äusseren Einflüssen weitgehend unabhängig, den vegetativen Grundtonus des Individuums charakterisieren soll". Es wurde eine statistisch gesicherte positive Korrelation zwischen dem Niveaudermatogramm der Mütter und dem der Kinder gefunden. Darunter ist zu verstehen, dass das Niveau der Kurve der Hautleitwerte bei den untersuchten Kindern dem der Mütter entsprach.

AUE und BECKER (2) führten bei Kindern Untersuchungen über den Einfluss des Wettergeschehens auf den elektrischen Hautwiderstand durch. Die an insgesamt 13 "Kindern und Jugendlichen vorgenommenen Untersuchungen mit dem Elektrodermatometer nach REGELSBERGER ergaben eine deutliche Beeinflussung des elektrischen Hautwiderstandes durch das Wettergeschehen." Es bestand insofern eine Beziehung, als einem hohen Temperatur-Feuchte-Komplex der Luft (ausgedrückt durch die Äquivalenttemperatur) hohe Elektrodermatogrammwerte entsprachen und umgekehrt.

Weitere Untersuchungen über das Elektrodermatogramm im Kindesalter wurden von STOLLBERG (47) durchgeführt. Er versuchte unter anderem eine Fragestellung für die klinische Verwendung des Elektrodermatogramms im Kindesalter zu erarbeiten, und zwar unter besonderer Berücksichtigung der vegetativen Tonuslage. Bei der Einteilung seiner Untersuchungsbefunde ging er von der Anschauung REGELSBERGERS (34) aus, dass hohe Messwerte also niedrige Widerstände, einer Sympathico-

tonie und umgekehrt niedrige Messwerte, also hohe Widerstände, einer Vagotonie entsprechen. STOLLBERG wählte jedoch "ein anderes Einteilungsprinzip der Tageskurven." Er teilte sie in fünf Gruppen ein, die im wesentlichen durch ihre mittleren Stromstärkewerte charakterisiert waren. Für die fünf aufgestellten Typen fand STOLLBERG jedoch bei insgesamt 176 EDG-Kurven praktisch die gleiche Häufigkeit bei gesunden Kindern, vegetativen Dystonien, Enuresis und Asthma bronchiale. Er zog aus diesen Untersuchungen den Schluss, dass es nicht möglich sei, aus den Abweichungen des EDG vom Normalverlauf eine klinische Diagnose zu stellen. Wohl könne man nach dem Bekanntsein der Diagnose manchmal die Abweichungen im EDG erklären.

STOLLBERG untersuchte auch die Möglichkeit der Beeinflussung des Hautwiderstandes bei Kindern durch Pharmaka. In den von ihm veröffentlichten "Tabellen wurde bei der Auswertung die hypothetische antagonistische Steuerung des Gleichstromwiderstandes der Haut durch Vagus und Sympathikus zugrundegelegt. Sie zeigen das Verhältnis der theoretisch zu erwartenden Reaktionen zu den nicht entsprechenden Reaktionen im EDG nach Gaben von vegetativ wirksamen Medikamenten." Die "Wirkung von Atropin und Pervitin auf den Gleichstromwiderstand der Haut im Sinne einer Erhöhung desselben - also die gegensätzliche, theoretisch nicht zu erwartende Reaktion - ist mit der parasympathicolytischen Wirkung des Atropins und dem sympathicomimetischen Effekt des Pervitins (in beiden Fällen müsste theoretisch eine Verminderung des Gleichstromwiderstandes eintreten) nicht in Einklang zu bringen. Aus den Tabellen geht ebenfalls eindeutig hervor, dass die klinisch durch ihre vegetative Wirkung klar definierten Pharmaka keinen so regelhaften Einfluss auf das EDG ausüben, dass auf eine Steuerung des Gleichstromwiderstandes der Haut allein durch Vagus und Sympathicus geschlossen werden könnte".

Die oben angeführten Befunde STOLLBERGs zeigen, dass der elektrische Hautwiderstand durch Pharmaka beeinflusst werden kann. Zur Beurteilung dieser Tatsache im Zusammenhang mit den Hautwiderstandsänderungen im Laufe des Tages und der Nacht seien hier auch Untersuchungen an Erwachsenen angeführt, die sich mit diesem Problem beschäftigten. Sie bestätigen übereinstimmend, dass diejenigen Pharmaka, die die Schweisssekretion steigern, gleichzeitig den elektrischen Hautwiderstand verrin-

gern. Es handelt sich bei diesen Substanzen vor allem um Parasympathicomimetica.

CHALMERS und KEELE (10) sowie COON und ROTHMAN (11) beobachteten nach intradermalen Gaben von Azetylcholin eine lokale Vermehrung der Schweisssekretion, die mit einer Hautwiderstandserniedrigung einherging. Nach intramuskulärer Injektion von 0,2 g Azetylcholin konnte NESSWETHA (27) bei 10 Versuchspersonen allerdings keine Veränderung des Hautwiderstandes feststellen. Ebensovienig gelang es CHALMERS und KEELE (10) durch intravenöse Azetylcholingaben bis zu 75 mg in der Minute eine vermehrte Schweisssekretion hervorzurufen. AVELING und McDOWALL (3) fanden nach intravenösen Gaben von Azetylcholin dann eine Erhöhung des Hautwiderstandes, wenn die Mengen keine Verlangsamung der Herzschlagfolge bewirkten. Bei grösseren Dosen mit einer Herzwirkung zeigte sich jedoch sofort eine Erniedrigung des Hautwiderstandes.

NESSWETHA (27) sah nach subkutanen Pilocarpingaben eine deutliche Erniedrigung des Hautwiderstandes, die an schweissdrüsenreichen Stellen grösser war als an anderen Körperstellen. Denselben Befund erhob BRUN (7) bei iontophoretischen Pilocarpingaben. AVELING und McDOWALL (3) beobachteten nach Gaben von Pilocarpin zunächst eine geringe aber deutliche Erniedrigung des Hautwiderstandes und danach einen langsamen Anstieg der Widerstandswerte.

Nach oraler Verabreichung von Doryl, einem starken Parasympathicomimeticum, fand STOLLBERG (47) bei Kindern in den meisten Fällen eine starke Steigerung des Hautwiderstandes innerhalb der nächsten zweieinhalb Stunden. Das ist insofern überraschend, als Doryl nach iontophoretischer Einbringung in die Haut zu den Mitteln gehört, welche die Schweisssekretion am stärksten und am längsten steigern. So beobachtete BRUN (7), dass Doryl im Mittel bis zu 47 Stunden die Schweissabsonderung fördert. Darum liegt die Vermutung nahe, dass die von STOLLBERG verabreichte Dosis zu klein für eine Hautwirkung war, oder dass für die Resorption von Doryl im Magen-Darm-Traktus besondere Verhältnisse vorliegen.

Im Gegensatz zu der bisher geschilderten Wirkung der Parasympathicomimetica verursachen Parasympathicolytica, vor allem Atropin, eine Verminderung der Schweissproduktion und eine Erhöhung des elektrischen Hautwiderstandes. Dieser Befund wurde von REGELSDERGER (31) sowie von AVELING und Mc DOWALL (3) beschrieben. PERRY und MOUNT (28) verglichen die Wirkung von intramuskulär applizierten Atropingaben (0,4mg) mit einer ebenfalls intramuskulär verabreichten physiologischen Kochsalzlösung auf den elektrischen Hautwiderstand bei zehn Männern im Alter von 22 bis 37 Jahren. Schon 15 Minuten nach den Atropingaben war der Hautwiderstand im Mittel etwas höher als in der Placebogruppe und stieg in der nächsten Zeit noch weiter kontinuierlich an. 40 Minuten nach der Injektion fand sich ein signifikanter Unterschied im Verhalten des Hautwiderstandes zwischen dem Atropinversuch und der Placebogruppe.

CHALMERS und KEELE (10) brachten ihre Versuchspersonen durch heisse Fussbäder zum Schwitzen. Den dadurch hervorgerufenen verminderten Hautwiderstand konnten sie durch intradermale Atropininjektionen örtlich verhindern. Ebenso ist es möglich, durch Atropingaben die Wirkung der Parasympathicomimetica auf die Schweissproduktion auszuschalten. So beschrieben MEYER und GOTTLIEB (26), dass Atropin imstande ist, die durch Pilocarpin angeregte Schweissdrüsentätigkeit prompt zu beheben. Die Affinität des Belladonnaalkaloids zu den Nervenendigungen ist so gross, dass relativ kleine Atropinmengen genügen, um die stärkste Pilocarpinwirkung aufzuheben. Auch BRUN und HUNZIKER (8) veröffentlichten Untersuchungsergebnisse über den antagonistischen Einfluss von 10 verschiedenen parasympathicolytischen Mitteln auf das durch Pilocarpin erzeugte Schwitzen. Die stärkste Wirkung hatten das Atropin und das Skopolamin. Die Autoren hoben besonders hervor, dass die Wirksamkeit dieser Mittel im Gegensatz zur Anregung der Schweissproduktion durch Parasympathicomimetica nur geringen individuellen Schwankungen unterlag.

Diese pharmakologischen Befunde lassen uns nun nach der Physiologie und der Anatomie der nervösen Versorgung der Schweissdrüsen fragen. Nach der anatomischen Nomenklatur werden die Schweissdrüsen sympathisch innerviert. Es ist jedoch schon lange bekannt (PERUTZ, 29), dass nicht Sympathicomimetica sondern Parasympathicomimetica eine Stei-

gerung der Schweissdrüsenfunktion hervorrufen. Diese Tatsache wurde vor den Untersuchungen von DALE und FELDBERG (13) über die Reizübertragung durch chemische Mittel im peripheren Nervensystem als pharmakologisches Paradoxon der Haut betrachtet. Seitdem aber wissen wir, dass die anatomisch dem Sympathicus zugehörigen Nerven der Schweissdrüsen "cholinergischer" und nicht "adrenergischer" Natur sind (12).

Es darf aber nicht unerwähnt bleiben, dass eine Steigerung der Schweissabgabe auch nach intradermalen Injektionen und Iontophorese von Adrenalin beobachtet wurde, wenn auch in viel geringerem Masse als durch Parasympathicomimetica. CHALMERS und KEELE (10) fanden nach intradermaler Adrenalininjektion in den Unterarm eine lokal begrenzte Schweisssekretion, die kaum länger als eine Stunde dauerte. Eine vorherige Injektion des Sympathicolyticums Priscol unterdrückte diesen Effekt. BRUN (7) beobachtete nach Iontophorese von Adrenalin in die Haut eine etwa einstündige Steigerung der Schweisssekretion. Dieses Schwitzen konnte durch Atropin oder andere parasympathicolytische Substanzen nicht verhindert oder eingeschränkt werden, wie das beim Schwitzen nach Arbeit, Hitzebelastung und Azetylcholingaben möglich ist. Es liess sich jedoch durch das Sympathicolyticum Priscol einschränken, welches allerdings keinen hemmenden Einfluss auf die Stimulierung der Schweissdrüsen durch Parasympathicomimetica, Arbeit oder Hitze ausübte. Die Autoren kamen aufgrund dieser Beobachtungen zu dem Schluss, dass das normale Schwitzen völlig durch cholinergische Substanzen und ihre Antagonisten beherrscht wird. CHALMERS und KEELE (10) bestätigten ausdrücklich die Feststellungen von DALE und FELDBERG (13), dass das Azetylcholin ebenso wie an den parasympathischen Nervenendigungen auch der chemische Überträgerstoff zwischen den Schweissdrüsenervenendigungen und den Schweissdrüsen ist.

ROTHMAN (41) hat zur Erklärung des adrenergischen Schwitzens angeführt, dass es sich dabei nicht um eine echte Hypersekretion der Schweissdrüsen handle. Er nahm an, dass durch allgemeinen Spasmus an der Haut nach Adrenalininjektion die Flüssigkeit an die Hautoberfläche gepresst wird, die sich in den Ausführungsgängen der Schweissdrüsen befindet. In guter Übereinstimmung mit dieser Erklärung steht die Beobachtung von NESSWETHA (27), dass die Schweisssekretion an einer blassen

Haut auftritt und einen flüchtigen Charakter hat.

Die Betrachtung der pharmakologischen Befunde zeigt, dass die Schweissproduktion durch Parasympathicomimetica erhöht und durch Parasympathicolytica eingeschränkt wird. Mit der vermehrten Schweissproduktion wurde von mehreren Autoren auch eine Erniedrigung des elektrischen Hautwiderstandes beobachtet und umgekehrt. Daher überrascht die in der deutschen Literatur gebräuchliche Ansicht, dass hohe Widerstände durch einen Parasympathicotonus und niedrige Widerstände durch einen Sympathicotonus verursacht werden. Diese Ansicht wurde zuerst von REGELSBERGER (31, 33) vertreten. Wie vor ihm schon VIGOUROUX (49) und RICHTER (39) stellte er fest, dass die Haut bei Hyperthyreotikern feucht und der elektrische Widerstand im Mittel niedriger war als bei Gesunden. REGELSBERGER (33) betrachtete die Hautwiderstandserniedrigung beziehungsweise das hohe Niveau des Elektrodermatogramms als den Ausdruck der bei dieser Erkrankung vorherrschenden Sympathicotonie. Es geht jedoch unter anderem aus Untersuchungen von ROTHMAN (41) hervor, dass die feuchte Haut bei Hyperthyreotikern, (welche ja als Ursache für die Widerstandserniedrigung anzusehen ist) nicht durch einen erhöhten Sympathicotonus bei dieser Krankheit erklärt werden muss, sondern eher als ein wärmeregulatorischer Vorgang aufzufassen ist, der wegen des erhöhten Grundumsatzes einsetzt. Ein Widerspruch der REGELSBERGERschen Deutung zeigt sich auch, wenn man seine Erklärung für den nächtlichen Verlauf des EDG betrachtet. Wie geschildert, sind die Stromstärkemesswerte im Schlaf grösser als am Tag. Das zeigt nach REGELSBERGER (33) einen Sympathicotonus an. Bekanntlich fasst man aber allgemein den Schlaf als eine "trophotrope" Phase im Sinne von HESS (20) auf, die als solche vornehmlich durch den Parasympathicus bestimmt wird. REGELSBERGER (32) sieht sich darum gezwungen, die gesteigerte Hautwasserabgabe während des Schlafes finalistisch zu deuten. Er fasst sie auf als Kompensation der während des Schlafes verminderten Wasserabgabe durch die Lunge. Geht man dagegen von der Schweissproduktion als Ursache für diese Erscheinung aus, so ist es ohne weiteres verständlich, dass diese durch cholinergische Fasern versorgten Drüsen (DALE und FELDBERG, 13) in der trophotropen Phase des Schlafes unter der allgemeinen Parasympathicuswirkung in ihrer Funktion gesteigert sind.

Da über den physiologischen Verlauf des elektrischen Hautwiderstandes im Kindesalter bisher keine eingehenden Untersuchungen vorliegen, schien es angezeigt, diese Verhältnisse einer näheren Prüfung zu unterziehen und hierbei den Tagesverlauf des elektrischen Hautwiderstandes weiter zu klären. Wir hielten es dabei für günstig, zunächst ein Alter heranzuziehen, in dem der kindliche Tagesverlauf bereits eine gewisse Normalisierung erreicht hat, gesundheitliche Schäden relativ selten sind und in dem ausserdem die hormonellen Umstellungen der Pubertät noch keine Rolle spielen.

Zur Bestimmung des elektrischen Hautwiderstandes bedienten wir uns einer Messanordnung, die von RUTENFRANZ (42) angegeben wurde. Die Messung des elektrischen Hautwiderstandes mit Gleichstrom erfolgte durch die Bestimmung der Stromstärke bei konstanter Spannung (2 Volt) und die Errechnung des Widerstandes nach dem OHMschen Gesetz. (Benutztes Zeigergalvanometer: Typ Gigant-Gossen, Empfindlichkeit: 1 Skalenteilstrich = $1 \cdot 10^{-7}$ Ampère, "Kurzschlusswert" $150 \cdot 10^{-7}$ Ampère bei Vorschaltwiderstand von 133 Kilohm.) Zur genauen Messung der niedrigen Stromstärken unter einem Wert von $10 \cdot 10^{-7}$ Ampère und somit der hohen Widerstände war für diesen Bereich ein Lichtzeigergalvanometer von 20-facher Empfindlichkeit gegenüber dem normalerweise verwendeten Galvanometer vorgesehen, das wahlweise in den Messstromkreis gebracht werden konnte.

Als Elektroden benutzten wir eine Modifikation der Druckkontaktelektrode nach SELBACH (45), wie sie von RUTENFRANZ (42) angegeben wurde. Aus technischen Gründen war eine geringe Änderung des Elektroden systems notwendig. Wir waren nämlich gezwungen, auf die Herstellung des Platin-Silber-Silberchloridsystems nach BROWN (6) zu verzichten. Deshalb stellten wir die Verbindung von den der Haut aufliegenden Viskoseschwämmchen zu den Platinblechen der Elektrode durch kleine den Viskoseschwämmchen aufgenähte Silberkronen her, die durch Stromdurchfluss in einer physiologischen Kochsalzlösung einer Chlorierung ausgesetzt wurden. Nach DRESBACH (14) ist dieser Vorgang in wenigen Minuten geschehen. Wir benutzten somit ein Platin-Silberchloridsystem als Elektrodenfläche, das sorgfältig vor Veränderungen durch Austrocknung und Lichteinflüsse geschützt wurde. Für die Erkennung von Polari-

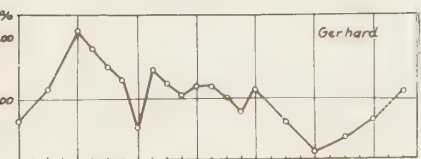
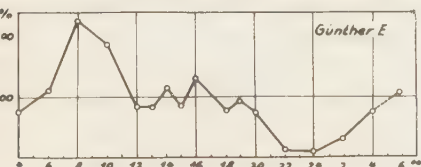
sationserscheinungen an den Elektroden, also zur Feststellung von Elektrodenungleichheiten sowie für ihre Beseitigung war ein Stromwender (Wippe) so in den Stromkreis eingebaut, dass die Elektroden ohne Änderung der Stromrichtung in den Galvanometern jederzeit umgepolt werden konnten. Vor jeder Messung wurde der Polarisationszustand der Elektroden geprüft und bei Bedarf durch Poländerungen in der Wippe beseitigt. Der Isolierbügel und der Federdruckstab der Elektroden waren aus Plexiglas hergestellt, dessen hoher spezifischer Widerstand eine gute Isolation und Kriechstromfestigkeit verbürgte (v. ANGERER und EBERT, 1). Der Abstand der Elektroden betrug sieben Zentimeter.

Durch eine Vormessung am linken Arm wurde zunächst die Grössenordnung der Stromstärke bestimmt. Die eigentliche Messung konnte dann am rechten Arm vorgenommen werden, nachdem je nach der Grösse des Stromdurchflusses das entsprechende Galvanometer in den Stromkreis eingeschaltet war. Die Messungen wurden an der Volarseite des Unterarms vorgenommen. Die distale Elektrode wurde etwa 5 cm proximal vom Os pisiforme aufgesetzt, die andere lag entsprechend ihrer Fixierung an dem Plexiglasbügel 7 cm weiter proximal. Die Aufsatzflächen für die Elektroden wurden für die Dauer der Versuche auf beiden Armen durch aufgezeichnete Kreise markiert. Als Messzeit verwendeten wir bei allen Untersuchungen die von SCHAEFER (44) als optimal angegebene Durchströmungszeit von 3 Sekunden.

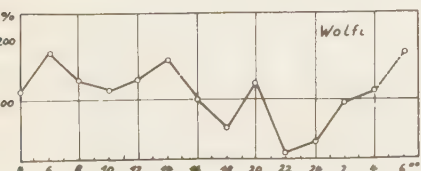
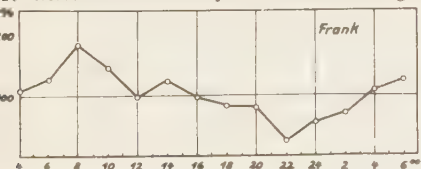
Mit dieser Messanordnung wurde der elektrische Hautwiderstand bei acht Knaben im Alter von 8 bis 11 Jahren bestimmt. Die Untersuchungen wurden immer bei zwei Kindern während der gleichen Zeit durchgeführt, wobei sich eine Versuchreihe durchschnittlich über 10 Tage erstreckte. Die Messungen wurden alle zwei Stunden in der oben beschriebenen Art am rechten Unterarm vorgenommen. Die beiden Versuchspersonen schliefen bei allen Versuchsreihen in benachbarten Betten, zwischen denen die Messapparatur aufgestellt war. Dadurch waren die nächtlichen Messungen ohne wesentliche Schlafstörungen möglich, in zwei unserer Versuchsreihen merkten die Kinder sogar erst nach mehreren Tagen, dass die Messungen auch nachts durchgeführt wurden. So kann angenommen werden, dass die Nachtmessungen nicht durch Schlafstörungen in ihrem Wert beeinflusst waren.

Untersucht wurden vier Kinder aus dem Münchener Städtischen Waisenhaus, und zwar lief die erste Versuchsreihe (I) mit zwei Kindern vom 13. Januar bis zum 27. Januar 1955. In dieser Zeit lagen elf ganztägige Versuche, die in Gruppen von drei und zweimal vier Tagen aufgegliedert waren.

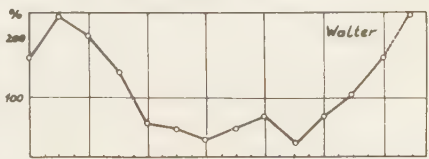
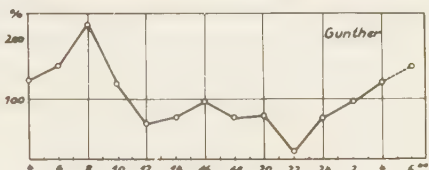
Mittelwerte aus je 11 Versuchstagen



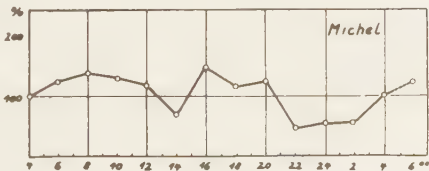
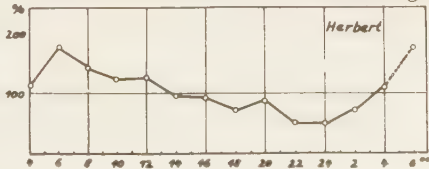
I. Mittelwerte aus je 10 Versuchstagen



II. Mittelwerte aus je 8 Versuchstagen



IV. Mittelwerte aus je 12 Versuchstagen



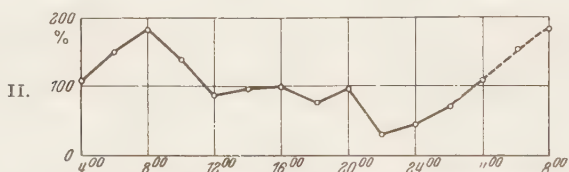
Mittlere prozentuale Schwankungen des Hautwiderstandes
im Laufe von 24 Std. bei 11 jährigen Kindern

Abbildung 1

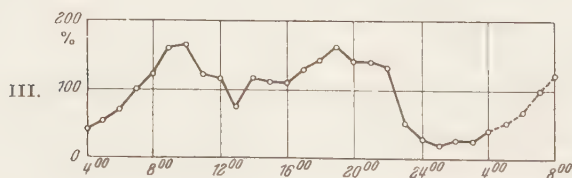
Die zweite Untersuchungsreihe (II) dauerte vom 4. bis zum 13. Juli 1955 und war in zwei Gruppen zu fünf und drei Tagen aufgeteilt. Eine weitere Untersuchungsreihe (III) wurde vom 21. bis zum 30. Juni 1955 an zehn aufeinanderfolgenden Tagen in der Universitätsaugenklinik München durchgeführt.

Abbildung 2.

A) Mittlere prozentuale Schwankungen des elektrischen Hautwiderstandes bei Kindern. (8 Kinder, 82 Tagesverläufe)



B) Mittlere prozentuale Schwankungen des elektrischen Hautwiderstandes bei Erwachsenen. (2 Versuchspersonen, 29 Tagesverläufe; nach RUTENFRANZ, 42)



Eins der hier beobachteten Kinder war wegen einer Contusio bulbi, das andere zur Korrektur von Stellungsanomalien der Augen auf die Station aufgenommen worden. Zur Durchführung der Messungen war es möglich, die Kinder noch einige Tage nach der eigentlichen Behandlung in der Klinik zu behalten. Die vierte Untersuchungsreihe (IV) dauerte 12 Tage und lag in der Zeit vom 4. bis zum 16. Juni 1955. Die beobachteten Kinder waren zur Behandlung von Milieuschwierigkeiten durch die der Münchener Universitätskinderpoliklinik angeschlossene psychosomatische Beratungsstelle stationär aufgenommen worden. Alle Kinder waren fieber-

frei und hautgesund, Medikamente wurden nicht verabfolgt. Während der Untersuchungen lebten alle beteiligten Kinder unter äusserlich gleichmässigen Bedingungen. Die Essens- und Schlafzeiten wurden regelmässig eingehalten, die Kinder waren schon längere Zeit an ihren Tagesablauf gewöhnt, so dass er wohl in keinem Falle als Zwang empfunden wurde.

Wie aus den Tabellen unserer Ergebnisse zu ersehen ist, sind die Hautwiderstandswerte auch bei denselben Versuchspersonen an den einzelnen Tagen sehr unterschiedlich. Ausser noch unbekannten Faktoren und individuellen Gegebenheiten sind für diese Erscheinung vor allem wohl klimatische Einflüsse von Bedeutung. Auf diese Tatsache wiesen BUCK (9) sowie HIRSCHBERGER und REITER (22) nach eingehenden Untersuchungen hin. AUE und BECKER (2) beobachteten die Abhängigkeit des mittleren Tageshautwiderstandes über mehrere Tage bei Kindern und stellten gleichzeitig die Umgebungstemperatur und die relative Luftfeuchtigkeit fest. Aus diesen klimatischen Daten berechneten sie die sogenannte Äquivalenttemperatur, welche sich aus der Lufttemperatur und dem doppelten Dampfdruck ergibt. "Unter dieser Äquivalenttemperatur ($T_{\ddot{A}}$) hat man den gesamten Wärmeinhalt einer Luftmasse zu verstehen, das heisst nicht nur den Thermometer-Wärmewert, sondern zusätzlich noch dieneigige Wärmemenge, die latent im Wasserdampf dieser Luftmasse vorhanden ist. Mit der Faustformel $T_{\ddot{A}} = t^0 + 2e$ (d. h., Äquivalent-Temperatur ist gleich wahre Lufttemperatur in Celsius-Grad plus 2mal Dampfdruck in mm) kann man diesen Gesamtwärmeinhalt der Luft leicht berechnen " Die Autoren fanden, dass der elektrische Hautwiderstand der Äquivalenttemperatur umgekehrt proportional ist. Diese Veränderungen des Basiswiderstandes (= mittlerer Tageswiderstand) hatten zur Folge, dass die absoluten Hautwiderstandswerte an verschiedenen Tagen nicht ohne weiteres miteinander vergleichbar waren. Deshalb berechneten wir - wie schon früher RUTENFRANZ (42) - die absoluten Stundenwerte des Hautwiderstandes als prozentuale Schwankungen um das jeweilige Tagesmittel.

Betrachten wir die so gefundenen Stundenwerte der untersuchten Kinder, so findet sich zu bestimmten Tageszeiten eine Häufung von Werten über beziehungsweise unter dem Tagesmittel. Dadurch lassen sich die tageszeitlichen Schwankungen besonders deutlich zeigen. Eine Einteilung des

Tages in bestimmte Abschnitte, deren Festlegung sich durch die auf- oder absteigende Tendenz des Hautwiderstandes im Tagesverlauf ergab, erwies sich als sehr günstig.

Die Häufigkeitsverteilung der Werte über und unter dem Tagesmittel ist in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1. Häufigkeitsverteilung der Werte über und unter dem Tagesmittel in den einzelnen Tagesabschnitten

Tagesabschnitt:		I	II	III	IV	V
		Werte über/unter 100	Werte über/unter 100	Werte über/unter 100	Werte über/unter 100	Werte über/unter 100
Uhrzeit:		6—10	12—14	16	18—20	22—2
Werte- verhältnis		174:60	67:88	34:34	63:92	26:183
χ^2		27,77	1,42	0	2,71	58,97
P		<0,1%	25%	99%	10%	< 0,1

Zur Prüfung von Übereinstimmung und Unterschied in der Verteilung von Werten über und unter dem Tagesmittel in den einzelnen Tagesabschnitten benutzten wir das χ^2 -Verfahren nach FISHER (15). Die Ermittlung des χ^2 Wertes erfolgte nach der Formel $\chi^2 = \frac{(f-f_c)^2}{f_c}$, wobei f die beobachtete Häufigkeit, f_c den theoretischen Erwartungswert darstellt. Aus den χ^2 -Werten wurden jeweils die prozentualen Wahrscheinlichkeiten (p) errechnet, mit denen der geündene Unterschied noch als zufallsbedingt erwartet werden kann. Wenn die prozentuale Wahrscheinlichkeit (p) kleiner als 0,1% ist, so entspricht die geündene Differenz einem sehr signifikanten Unterschied. Bei Werten von $p = 0,1 - 1\%$ liegt ein signifikanter Unterschied vor, während bei Werten von $p = 1 - 5\%$ nur noch ein wahrscheinlich signifikanter Unterschied besteht. Werte von $p =$ grösser als 5% schliessen einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden empirischen Verteilungen aus. ⁺⁾ Darüber hinaus gibt das χ^2 -Verfahren die

+) $\chi^2 = 10,827$, $p = 0,1\% =$ sehr signifikant
Es entspricht bei dem Freiheitsgrad = 1

Möglichkeit, auch im nicht signifikanten Bereich noch Abstufungen der Zufallsbedingtheit vorzunehmen.

Betrachtet man nun die Werte der Tabelle 1 für die verschiedenen Tagesabschnitte, so lagen die Werte des Tagesabschnittes I (6 - 10 Uhr) sehr signifikant über dem Tagesmittel. Für den Abschnitt V (22 - 2 Uhr) zeigte sich ein sehr signifikantes Unterschreiten des Tagesmittels. In den Tagesabschnitten II, III und IV war der Unterschied nicht signifikant. Immerhin deuteten jedoch die χ^2 -Werte der Tagesabschnitte II (12 - 14 Uhr) und IV (18 - 20 Uhr) gegenüber dem χ^2 -Wert des Tagesabschnittes III (16 Uhr) auf eine deutlich stärkere Tendenz zum Unterschreiten des Tagesmittels hin.

In der Tabelle 2 sehen wir die prozentuale Häufigkeitsverteilung der Werte über und unter dem Tagesmittel in den einzelnen Tagesabschnitten bei den untersuchten Kindern.

Tabelle 2. *Prozentuale Häufigkeitsverteilung der Werte über und unter dem Tagesmittel in den einzelnen Tagesabschnitten bei den verschiedenen Kindern im Hauptversuch*

Tagesabschnitt:		I	II	III	IV	V
		Werte über/unter 100	Werte über/unter 100	Werte über/unter 100	Werte über/unter 100	Werte über/unter 100
	Herbert	75:25	50:50	25: 75	39:61	14:86
	Frank	74:26	57:43	29: 71	46:54	5:95
	Michel	67:33	50:50	92: 8	58:42	3:97
	Günther	80:20	20:80	50: 50	30:70	32:68
	Wolfi	74:26	71:29	57: 43	8:92	16:84
	Walter	63:37	15:85	0:100	15:85	19:81
	Günther E.	79:21	47:53	83: 17	35:65	4:96
	Gerhard B.	86:14	45:55	80: 20	64:36	8:92

Hier bestand ein deutlich sichtbarer individueller Unterschied. Trotzdem war die weitgehende Gleichsinnigkeit der Richtungstendenzen in den einzelnen Tagesabschnitten nicht zu übersehen, was auch aus den Kurven

Fortsetzung der Fussnote von Seite 22

$\chi^2 > 6,635$, $p < 1,0\%$ = signifikant

$\chi^2 > 3,841$, $p < 5,0\%$ = wahrscheinlich signifikant

$\chi^2 > 3,841$, $p = 10 - 99\%$ = nicht signifikant

(Abb. 1) sehr deutlich zu ersehen ist. Bei den Stundenwerten der Tagesabschnitte I (6 - 10 Uhr) und V (22 - 2 Uhr) fand sich eine grosse Übereinstimmung der Werteverteilung über beziehungsweise unter dem Tagesmittel bei allen Kindern. Auch im Tagesabschnitt II (12 - 14 Uhr) herrschte trotz individueller Unterschiede eine deutliche Tendenz zu niedrigen Hautwiderstandswerten. Dieselbe Tendenz bestand im Tagesabschnitt IV (18 - 20 Uhr). Die grössten individuellen Unterschiede bei den untersuchten Kindern sahen wir im Tagesabschnitt III (16 Uhr). Die Kinder Herbert, Walter und Frank zeigten hier ein deutlich entgegengesetztes Verhalten zu den anderen Kindern. Da diese Kinder verschiedenen Untersuchungsgruppen angehörten, ist nicht anzunehmen, dass die unterschiedlichen Ergebnisse durch besondere Lebensgewohnheiten dieser Kinder, durch andere Essens- und Schlafzeiten oder durch Veränderungen der Versuchsanordnung hervorgerufen wurden. Die Ursachen hierfür konnten wir nicht klären.

Aus den Tageskurven aller Kinder berechneten wir eine gemeinsame Mittelkurve (Abb. 2). Diese Kurve bildete in der Zeit zwischen 6 und 10 Uhr einen deutlichen Gipfel. Im Anschluss daran erfolgte eine merkliche Widerstandserniedrigung gegen 12 - 14 Uhr. Danach stieg der Hautwiderstand gegen 16 Uhr wieder leicht an, um nach einer kleinen Einsenkung gegen 18 Uhr noch einmal um 20 Uhr einen kleinen Gipfelpunkt zu erreichen. Dieser Gipfel überstieg wieder um 16 Uhr allerdings nicht die Tagesmittelwerte und blieb weit hinter dem Morgengipfel zurück. Ab 20 Uhr fiel der Hautwiderstand bis zu einem Tiefpunkt um 22 Uhr steil ab. Gegen Mitternacht stieg der elektrische Hautwiderstand allmählich wieder an und erreichte gegen 4 Uhr wieder das Tagesmittel um dann weiter bis zum morgendlichen Gipfelpunkt anzusteigen.

Vergleichen wir nun diese Ergebnisse mit denen von REGELSDERGER (34), so sehen wir grundsätzlich einen gleichsinnigen Verlauf mit seinem frühkindlichen Tages-EDG. Bei der Umrechnung seiner Stromstärkekurve in die entsprechenden Widerstandswerte werden zwar Unterschiede deutlich, die durch die Ungenauigkeit seiner Messmethode im Bereich niedriger Stromstärkewerte hervorgerufen sein dürften, eine gleichsinnige Tendenz der Änderung des Hautwiderstandes zu bestimmten Tageszeiten ist aber unverkennbar. Ebenso verhält es sich mit der Veröffentlichung von STOLL-

BERG (47), der sich bei seinen Untersuchungen der von REGELSBERGER entwickelten Messapparatur bediente. Sowohl die von ihm veröffentlichten Tageskurven wie auch die Nachtkurve zeigen die von uns gefundene Tendenz zur Erhöhung oder zur Erniedrigung des Hautwiderstandes gegenüber Gleichstrom. Leider ist aus seiner Arbeit nicht zu ersehen, an wieviel Kindern er jeweils die einzelnen Messungen durchführte und über welchen Gesamtzeitraum sie sich erstreckten.

Da uns für das Kindesalter keine weiteren vergleichbaren Werte über den Hautwiderstand im Verlaufe eines Tages bekannt geworden sind, ist es notwendig, kurz auf die Befunde von Hautwiderstandsänderungen bei Erwachsenen einzugehen. Auch hier gilt wieder der grundsätzliche Vorbehalt, dass die bei den Untersuchungen üblicherweise benutzten Geräte nicht über die notwendige Genauigkeit verfügen, um insbesondere bei niedrigen Stromstärkemesswerten die hier vorhandenen wirklichen Widerstandsschwankungen auch nur annähernd zu registrieren.

Trotz dieser Einschränkung zeigen die Ergebnisse einiger Arbeiten bei Erwachsenen ein ähnliches Verhalten des Hautwiderstandes, wie wir es bei unseren Kindern fanden. Das geht vor allem aus den Untersuchungen von NESSWETHA (27) und RICHTER (38) hervor, welche auch bei Erwachsenen nach Umrechnung in die Widerstandswerte andeutungsweise einen ähnlichen Tagesverlauf des elektrischen Hautwiderstandes wie bei unseren Untersuchungen an Kindern erkennen lassen.

Unsere Ergebnisse sind in jedem Fall aber vergleichbar mit den Ergebnissen, die RUTENFRANZ (42) mit der gleichen Methodik an Erwachsenen ermitteln konnte. In der Abbildung 2 haben wir die Werte des Hautwiderstandes, ausgedrückt in der mittleren prozentualen Schwankung um das Tagesmittel, bei Erwachsenen und Kindern gegenübergestellt. Hier zeigt sich die interessante Beobachtung, dass die gesamte Kurve bei unseren Kindern im Alter von acht bis elf Jahren um etwa zwei Stunden zum Morgen hin verschoben war. Der erste Gipfel lag bei den Kindern um 8 Uhr, während er bei den Erwachsenen um 10 Uhr sein Maximum hatte. Die tiefste Mittagsschwankung lag bei den Kindern um 12 Uhr, beim Erwachsenen um 13 Uhr. Bemerkenswert erscheint uns die Tatsache, dass der zweite Gipfel bei unseren Kindern nur ganz schemenhaft in Erscheinung trat und dass sich bereits kurz nach 16 Uhr schon ein Absinken der Werte fand. Im Gegensatz hierzu stiegen die Werte beim Erwachse-

nen noch einmal beträchtlich an, und die erste absinkende Tendenz zeigte sich zwischen 19 und 20 Uhr. Die Tiefe der Nachtschwankung trat bei unseren Kindern um diese Zeit schon deutlich in Erscheinung und fand ihr Minimum gegen 22 Uhr. Beim Erwachsenen hingegen wurde das Minimum der Nachtschwankung erst zwischen 22 und 24 Uhr erreicht, und der Anstieg zum Morgen hin geschah nur ganz allmählich. Bei unseren Kindern veränderten sich die Werte schon um Mitternacht im ansteigenden Sinne und das Tagesmittel wurde bei den Kindern um 4 Uhr, bei den Erwachsenen um 6 Uhr erreicht.

Abgesehen von dieser Besonderheit dürfen wir jedoch feststellen, dass die von RUTENFRANZ (42) bei Erwachsenen ermittelten und die bei unseren Kindern gefundenen Tageskurven des elektrischen Hautwiderstandes einen völlig gleichsinnigen und gleichartigen Verlauf zeigen. Die Veränderungen des elektrischen Hautwiderstandes waren in keiner Weise von den Mahlzeiten abhängig. Da auch bei den Untersuchungen von REGELSBERGER keine absolute Abhängigkeit der Hautwiderstandsänderungen von den Mahlzeiten festzustellen war - das EDG wies sowohl vor als auch nach den Mahlzeiten Veränderungen auf -, halten wir seine Anschauung nicht für erwiesen.

Zum Verständnis der von uns gefundenen tagesperiodischen Veränderungen des elektrischen Hautwiderstandes bei Kindern erscheint es sinnvoll, auf die tagesrhythmischen Schwankungen anderer physiologischer Funktionen einzugehen.

Nach den Darstellungen von JORES (24) und MENZEL (25) ist seit langem bekannt, dass zahlreiche physiologische Funktionen einen tagesrhythmischen Verlauf zeigen. Insbesondere durch Untersuchungen an Nachtarbeitern konnte gezeigt werden, dass die 24-Stundenrhythmik unabhängig ist vom Schlaf, von der Nahrungsaufnahme sowie von körperlicher Tätigkeit und Ruhe.

Im Gegensatz zum Erwachsenen lagen für das Kindesalter bisher ähnliche Untersuchungen nicht vor. Studien über eine Tagesperiodik physiologischer Funktionen wurden in grösserem Ausmass in den letzten Jahren an der Universitäts-Kinderpoliklinik München angestellt.

Hierbei konnten HELLBRÜGGE, LANGE und RUTENFRANZ (17) nachweisen, dass sich im Verlaufe der kindlichen Altersstufen allmählich eine Tagesrhythmik der Pulsfrequenz entwickelt. Im Schulalter war das tagesperiodische Verhalten des Pulses ausgeprägt. In den Vormittagsstunden zwischen 7 und 11 Uhr waren die höchsten Pulswerte, in der Mittagszeit mit dem Tiefpunkt um 13 Uhr erniedrigte, in den späten Nachmittagsstunden abermals erhöhte und zur Nacht Minimalpulswerte festzustellen. Die geringsten Werte lagen zwischen 1 und 3 Uhr nachts.

Ähnliche Verhältnisse zeigten die Untersuchungen über den Tagesgang der Körpertemperatur von SEIDL (46). Sie bestätigten frühere Ergebnisse von KLEITMAN und Mitarbeitern.

HELLBRÜGGE, STEHR und SCHIESSL (19) untersuchten den tageszeitlichen Verlauf des Blutzuckerspiegels und fanden hierbei ebenfalls einen Vormittagsgipfel, eine Mittagssenke, eine Erhöhung des Blutzuckerspiegels am Nachmittag und einen Abfall zur Nacht hin. Der abendliche Abfall des Blutzuckers wurde durch die Abendmahlzeit nicht einmal mehr beeinflusst.

Die Übereinstimmung der Tagesperiodik der verschiedenen physiologischen Funktionen findet ihre Erklärung in den Beobachtungen von R. W. HESS (20), nach denen in den Tagesstunden eine im wesentlichen vom Sympathicus gesteuerte ergotrope und in den Nachtstunden eine vorwiegend vom Vagus gesteuerte trophotrope Phase vorhanden ist.

Es erhebt sich nunmehr die Frage, ob die von uns gefundenen Ergebnisse über die Tagesperiodik des elektrischen Hautwiderstandes mit dieser Theorie der ergotropen bzw. trophotropen Phase des Organismus übereinstimmen. Grundsätzlich sei noch einmal festgestellt, dass der elektrische Hautwiderstand vorwiegend zu den Tagesstunden erhöht und zu den Nachtstunden erniedrigt gefunden wurde. Da die Erhöhung bzw. Erniedrigung des Hautwiderstandes wohl in erster Linie von der Schweissproduktion abhängig ist, ergibt sich daraus das Problem, ob grundsätzlich während des Tages eine verminderte und zur Nacht hin eine vermehrte Schweissproduktion besteht.

Wie wir in dem Kapitel über die Abhängigkeit des elektrischen Hautwiderstandes von Pharmaka demonstrieren konnten, wird die Schweisspro-

duktion durch Parasympathicomimetica erhöht und durch Parasympathicolytica vermindert. Demnach ist beim Vorwiegen eines Vagotonus in erster Linie eine erhöhte Schweissproduktion und bei einer Verminderung des Vagotonus eine verminderte Schweissproduktion zu erwarten. Unsere Untersuchungen über den Tagesverlauf des elektrischen Hautwiderstandes stimmen mit diesen Schlussfolgerungen überein, denn zu den Nachtstunden bestand eine erhöhte Schweissproduktion mit entsprechend verminderem Hautwiderstand und zum Tag hin eine geringere Schweissproduktion mit erhöhtem Hautwiderstand.

Es ergibt sich also, dass Steigerungen der Schweissproduktion cholinergisch verursacht sind und dass darum Hautwiderstandserniedrigungen einen parasympathicotonisch bedingten Zustand an der Haut kennzeichnen. Das entsprechende gilt für Hautwiderstandserhöhungen.

Die Verwendung von Hautwiderstandsmessungen zur Bestimmung des vegetativen Tonus des Gesamtorganismus ist nur bedingt möglich. Zumindest ist es nicht vertretbar, aus einzelnen absoluten Stromstärkemesswerten oder Widerstandswerten auf bestimmte vegetative Tonuslagen schliessen zu wollen. Dagegen scheint es uns wohl zulässig, relative Unterschiede zwischen den Hautwiderstandswerten zu verschiedenen Tages- und Nachtzeiten bei einer entsprechend grossen Zahl von Untersuchungen zu einer Aussage über den tageszeitlich bedingten Wechsel der vegetativen Tonuslage heranzuziehen.

ZUSAMMENFASSUNG

Zunächst werden die wesentlichen Verfahren zur Bestimmung des elektrischen Widerstandes der Haut gegenüber Gleichstrom besprochen. Dabei wird die Notwendigkeit einer besonders genauen Messung der Werte in den niedrigen Stromstärkemessbereichen und damit der hohen Widerstände hervorgehoben. Anhand verschiedener Ergebnisse aus der Literatur wird gezeigt, dass die Höhe des elektrischen Hautwiderstandes in erster Linie von der Schweisssekretion abhängt und durch Pharmaka beeinflusst werden kann. Besonders hervorgehoben wird die Feststellung von DALE und FELDBERG, dass die anatomisch dem Sympathicus zugehörigen Nerven der Schweißdrüsen "cholinergischer" und nicht "adrenergischer" Natur sind.

Eigene fortlaufende Untersuchungen über den elektrischen Hautwiderstand bei 8 - bis 11-jährigen Kindern mit dem von RUTENFRANZ beschriebenen subtilen Messgerät lassen ähnlich wie bei Erwachsenen einen tagesrhythmischen Verlauf des Hautwiderstandes erkennen. Im Gegensatz zu Erwachsenen ist dieser Verlauf bei Kindern jedoch um ein bis zwei Stunden im Tagesgang vorverlegt. Der Gipfel der Nachmittagswerte wurde deutlich niedriger gefunden und die Verhältnisse während der Nachtschwankung ergaben zum Unterschied von Erwachsenen Werte, deren Minimum schon vor Mitternacht erreicht war, so dass während der folgenden Nachtperiode schon ein Anstieg des Hautwiderstandes gefunden wurde.

Wegen der Gleichsinnigkeit der Kurve des Tagesrhythmus des elektrischen Hautwiderstandes mit den tagesrhythmischen Schwankungen anderer physiologischer Funktionen des Körpers wird auf die Übereinstimmung zwischen der Tagesrhythmik des elektrischen Hautwiderstandes und den Funktionen des vegetativen Nervensystems im Sinne von HESS hingewiesen.

L I T E R A T U R

1. Angerer, E. von, und H. Ebert :
Technische Kunstgriffe bei physikalischen Untersuchungen. Braunschweig, 1952.
2. Aue, H., und F. Becker: Untersuchungen über den Einfluss des Wettergeschehens auf den elektrischen Hautwiderstand. *Ärztl.Forsch.* 9, 280, 1955.
3. Aveling, F., and R.J.S. Mc Dowall:
The effect of the circulation on the electrical resistance of the skin. *J. Physiol.* 60, 316 1925.
4. Baitsch, H.:
Der vegetative Grundtonus im Bilde des Elektrodermatogramms bei Müttern und Kindern. *Acta neuroveg.* 8, 516, 1954.
5. Biskupski, F.:
Eine haltbare Elektrode aus amalgamisiertem Platinnetzwerk. *Pflüg. Arch.* 240, 282, 1938.
6. Brown, A.S.:
A type of silver chloride suitable for use in dilute solutions. *J. Amer. Chem. Soc.* 56, 646, 1934.
7. Brun, R.M.:
Recherches sur la sécrétion sudorale et la sécrétion sébacée. *Arch. Sc.* 7, 243, 1954.
8. Brun, R., et N. Hunziker: Expériences sur la transpiration. 8ème communication. Durée d'action et d'activité antisécrétoire de divers parasympholytiques examinés aux niveau de la glande sudoripare humaine. *Dermatologica* 110, 245, 1955.
9. Buck, A.:
Die Bedeutung des Elektrodermatogramms in der Meteorobiologie. *Med. meteorol. Hefte* 6, 1951. (zit. nach Ref. aus *Med. Mschr.* 5, 339, 1953).

10. Chalmers, T.M., and C.A.Keele:
The nervous and chemical control of sweating. *Brit. J. Dermat.* 64, 43, 1952.
11. Coon, J. M., and S. Rothman:
Nature of sweat response to drugs with nicotine-like action. *Proc. Soc. Exp. Biol. a. Med.* 42, 231, 1939.
12. Dale, H. H. :
Nomenclature of fibres in the autonomic system and their effects. *J. Physiol.* 80, 10 P, 1934.
13. Dale, H. H. , and W. Feldberg:
The chemical transmission of secretory impulses to the sweat glands of the cat. *J. Physiol.* 82, 121, 1934.
14. Dresbach, M.:
The silver non-polarizable electrode adapted for use in electrocardiography. *Amer. J. Physiol.* 63, 426, 1922/23.
15. Fisher, R. A. :
Statistical methods for research workers. Edinburgh, 1938.
16. Gildemeister, M.:
Über die Polarisation der Elektroden, die zu elektrophysiologischen Zwecken gebraucht werden. *Z.f. biolog. Technik* 3, 28, 1913.
17. Hellbrügge, Th., J. Lange und J. Rutenfranz:
Über die Entwicklung von tagesperiodischen Veränderungen der Pulsfrequenz im Kindesalter. *Z.f. Kinderheilk.* 78, 703, 1956.
18. Hellbrügge, Th., und J. Rutenfranz:
Schichtunterricht und Leistungsbereitschaft. *Münchener Med. Wschr.* 98, 1713, 1956.
19. Hellbrügge, Th., C. Stehr und G. Schiessl:
In Vorbereitung; zitiert nach HELLBRÜGGE, Th., u. J. RUTENFRANZ (18).

20. Hess, W.R.: Die funktionelle Organisation des vegetativen Nervensystems. Basel, 1948.
21. Hill, A.V., and W.E.C. Brown: J. of Physiol. 54, CIX; zitiert nach RUTENFRANZ (42).
22. Hirschberger, M., und R. Reiter: Wettersvorgänge und Sonneneruptionen beeinflussen den elektrischen Hautwiderstand. Dtsch. med. Wschr. 78, 1640, 1953.
23. Jasper, H.: An improved clinical dermatometer. J. Neurosurg. 2, 257, 1945.
24. Jores, A.: Physiologie und Pathologie der 24-Stundenrhythmik des Menschen. Erg. Inn. Med. 48, 574, 1935.
25. Menzel, W.: Der 24-Stunden-Rhythmus des menschlichen Blutkreislaufes. Erg. Inn. Med. 61, 1, 1942.
26. Meyer, H.H., und R. Gottlieb: Die experimentelle Pharmakologie als Grundlage der Arzneibehandlung. Berlin-Wien, 1925.
27. Nesswetha, W.: Elektrodermatogramm und vegetatives Nervensystem. Klin. Wschr. 31, 541, 1953.
28. Perry, D.J., and G.E. Mount: A comparison of the skin effect of atropine and placebo on the galvanic skin resistance. J. Investig. Dermat. 22, 497, 1954.
29. Perutz, A.: Die Pharmakologie der Haut. Handbuch der Haut- und Geschlechtskrankheiten. Berlin, 1930, 5. Bd., Teil 1.
30. Regelsberger, H.: Über den Galvanismus der menschlichen Haut. I. Mitteilung. Zum Problem der biologischen Strahlendosis. Zschr. exper. Med. 42, 158, 1924.

31. Regelsberger, H.: Tagesrhythmik und Reaktionstypen des Polarisationswiderstandes der menschlichen Haut. II. Mitteilung. Über den Galvanismus der menschlichen Haut. Zschr. exper. Med. 70, 438, 1930.
32. Regelsberger, H.: Über vegetative Korrelationen im Schlaf des Menschen. Z. Neurol. u. Psych. 174, 727, 1942.
33. Regelsberger, H.: Das Elektrodermatogramm und seine Messung. Med. Klin. 44, 817, 1949.
34. Regelsberger, H.: Der bedingte Reflex und die vegetative Rhythmik des Menschen dargestellt am Elektrodermatogramm. Acta neuroveg. / Supplementum I. Wien, 1952.
35. Rein, H.: Zur Elektrophysiologie der menschlichen Haut. (II. Untersuchungen über den Gleichstromwiderstand.) Z. f. Biol. 84, 118, 1926.
36. Richter, C.P.: The sweat glands studied by the electrical resistance method. Amer. J. Physiol. 68, 147, 1924.
37. Richter, C.P.: The significance of changes in the electrical resistance of the body during sleep. Proc. nat. Acad. Sci. 12, 214, 1926.
38. Richter, C.P.: The electrical skin resistance. Diurnal and daily variations in psychopathic and in normal persons. Arch. Neurol. Psychiat. 19, 488, 1928.
39. Richter, C.P.: Physiological factors involved in the electrical resistance of the skin. Amer. J. Physiol. 88, 596, 1929.
40. Richter, C.P.: High electrical resistance of the skin of new-born infants and its significance. Amer. J. Dis. Child. 40, 18, 1930.

41. Rothman, St.: Physiology and biochemistry of the skin. Chicago, 1937.
42. Rutenfranz, J.: Zur Frage einer Tagesrhythmik des elektrischen Hautwiderstandes beim Menschen. Intern. Z. angew. Physiol. einschl. Arbeitsphysiol. 16, 152, 1956.
43. Schaefer, H.: Messungen der Hautpolarisation mit dem Röhrenvoltmeter. Z. f. Biol. 94, 11, 1933.
44. Schaefer, H.: Elektrophysiologie. Wien, 1942, Band I und II.
45. Selbach, H., und S. Wende: Elektrodermatometrie mit Druck-Kontakt-Elektroden. Arch. f. Psych. u. Z. f. Neurol. 186, 577, 1951.
46. Seidl, E.: Diss. München, in Vorbereitung; zitiert nach HELLBRÜGGE, Th., und J. RUTENFRANZ (18).
47. Stollberg, Th.: Elektrodermatogramm-Diagnostik im Kindesalter unter besonderer Berücksichtigung der vegetativen Tonuslage und ihre Beeinflussung durch vegetativ wirksame Pharmaka. Diss. Hamburg, 1955.
48. Veraguth, O.: Das psychogalvanische Reflexphänomen. Berlin, 1909.
49. Vigouroux, R.: Sur la résistance électrique considérée comme signe clinique. Le progrès médical 7, 45, 1888.
50. Wende, S.: Elektrodermatometrische Untersuchungen an durchblutungsgestörten Gliedmassen nach paravertebraler Sympathectomie. Ärztl. Wschr. 8, 100, 1953.

51. Whelan, F.G., and C.P. Richter:

Electrical skin resistance technic used to map areas of skin affected by sympathectomy and by other surgical or functional factors. *Arch. Neurol. Psychiat.* 49, 454, 1943.

Güter (I)

Tabelle der absoluten Hautwiderstandswerte in Kiloohm gegenüber Gleichstrom von 2 Volt Spannung bei zweistündlichen Messungen.

	6 ^h	8 ^h	10 ^h	12 ^h	14 ^h	16 ^h	18 ^h	20 ^h	22 ^h	24 ^h	2 ^h	4 ^h
13.1.	718	3120	4745	953	4745	2308	87	82	276	110	82	953
14.1.	1495	3416	3770	1371	4745	--	97	108	92	69	170	1495
15.1.	--	3584	2758	2308	--	--	--	77	170	620	47	--
17.1.	1643	--	--	--	161	1371	1170	1820	--	-	--	1371
18.1.	2308	2308	3416	117	1820	--	1922	47	26	--	383	231
19.1.	953	3120	--	2036	108	1371	1492	1922	--	65	650	2036
20.1.	683	2758	2990	953	1170	2036	479	1263	620	294	--	--
24.1.	683	2656	1495	1495	718	--	1170	2036	--	40	--	479
25.1.	757	2656	953	897	346	1088	683	73	84	56	845	953
26.1.	1495	1371	--	757	--	--	--	683	61	92	--	427
27.1.	1495	3416	1371	165	1495	1495	1263	1170	47	114	479	799

	Tagessummen der Widerstände	Anzahl der Messungen	Tagesmittel wert
13.1.	18179	12	1514,9
14.1.	16828	11	1529,8
15.1.	9564	7	1366,0
17.1.	7536	6	1256,0
18.1.	12578	10	1257,8
19.1.	13756	10	1375,6
20.1.	13246	10	1324,6
24.1.	10722	9	1196,8
25.1.	9391	12	782,6
26.1.	4886	7	698,0
27.1.	13309	12	1109,1

Tabelle der prozentualen Schwankungen des Gleichstromwiderstandes um das jeweilige Tagesmittel.

	6 ^h	8 ^h	10 ^h	12 ^h	14 ^h	16 ^h	18 ^h	20 ^h	22 ^h	24 ^h	2 ^h	4 ^h
13.1.	47	206	313	63	313	152	6	6	6	7	6	63
14.1.	98	223	246	90	310	--	6	6	7	5	11	98
15.1.	--	263	202	169	--	--	-	-	6	45	3	--
17.1.	131	--	--	--	13	109	93	93	145	--	--	109
18.1.	183	183	272	9	145	--	153	153	4	--	31	18
19.1.	69	227	--	148	8	99	109	109	140	5	47	148
20.1.	52	208	226	72	88	154	36	36	95	22	--	--
24.1.	57	222	125	125	60	--	98	98	170	3	--	40
25.1.	97	339	122	115	44	139	87	87	9	7	108	122
26.1.	214	196	--	109	--	--	--	--	98	13	--	61
27.1.	+135	+308	+124	+15	+135	+135	+114	+114	+105	+10	+43	+72
Summe	1083	2375	1630	915	1116	788	702	785	109	117	249	731
n	:10	:10	:8	:10	:9	:6	:9	:11	:8	:9	:7	:9
AM	108,3	237,5	203,8	91,5	124,0	131,3	78,0	71,4	13,6	13,0	35,6	81,2

A M = mittlere prozentuale Schwankung zur jeweiligen Tageszeit.

Gerhard (I)

Tabelle der absoluten Hautwiderstandswerte in Kiloohm gegenüber Gleichstrom von 2Volt Spannung bei zweistündlichen Messungen.

	6 ^h	8 ^h	10 ^h	12 ^h	14 ^h	16 ^h	18 ^h	20 ^h	22 ^h	24 ^h	2 ^h	4 ^h
13.1.	2308	2656	4204	412	4745	2870	1922	2870	110	47	51	47
14.1.	3120	5964	4204	2656	--	--	4204	73	82	2308	--	2656
15.1.	--	4456	2656	110	3584	--	1820	110	3120	953	82	--
17.1.	2656	--	--	--	427	1371	3120	2308	--	--	--	2036
18.1.	1643	2036	--	77	2164	--	1922	69	56	--	1495	1495
19.1.	1495	3770	--	2656	63	--	1643	2164	--	44	520	1643
20.1.	1495	2870	2164	127	2470	1371	620	1495	127	47	--	--
24.1.	1495	3770	2656	567	1922	--	897	2308	1495	73	--	1088
25.1.	1495	2036	1088	567	1371	1643	897	620	67	47	620	56
26.1.	897	2036	897	1017	190	--	1017	2870	650	46	--	120
27.1.	1371	3120	2036	123	2036	1371	897	2870	59	40	73	77

	Tagessummen der Widerstände	Anzahl der Messungen	Tagesmittel wert
13.1.	22242	12	1853,5
14.1.	25267	9	2807,4
15.1.	16891	9	1876,7
17.1.	11918	6	1986,3
18.1.	10957	9	1217,4
19.1.	13998	9	1555,3
20.1.	12786	10	1278,6
24.1.	16271	10	1627,1
25.1.	10507	12	875,6
26.1.	9740	10	974,0
27.1.	14073	12	1172,75

Tabelle der prozentualen Schwankungen des Gleichstromwiderstandes um das jeweilige Tagesmittel.

	6 ^h	8 ^h	10 ^h	12 ^h	14 ^h	16 ^h	18 ^h	20 ^h	22 ^h	24 ^h	2 ^h	4 ^h
13.1.	125	143	227	22	256	155	104	155	6	2	3	2
14.1.	111	212	150	95	--	--	150	2	3	82	--	95
15.1.	--	237	142	6	191	--	97	6	166	51	4	--
17.1.	134	--	--	--	21	69	157	116	--	--	--	103
18.1.	135	167	--	6	178	--	158	6	4	--	123	123
19.1.	96	242	--	171	4	--	106	139	--	3	33	106
20.1.	117	224	169	10	193	107	49	117	10	4	--	--
24.1.	92	232	163	35	118	--	55	142	92	4	--	67
25.1.	171	232	124	65	157	188	102	71	8	5	71	6
26.1.	92	209	92	104	20	--	104	295	67	5	--	12
27.1.	117	266	174	11	174	117	76	244	5	3	6	7
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Summe	1190	2164	1241	525	1312	636	1158	1293	361	159	240	521
n	:10	:10	:8	:10	:10	:5	:11	:11	:9	:9	:6	:9
AM	119,0	216,4	155,1	52,5	131,2	127,2	105,3	117,5	40,1	16,6	40,0	57,8

A M = mittlere prozentuale Schwankung zur jeweiligen Tageszeit.

Wolff (II)

Tabelle der absoluten Hautwiderstandswerte in Kiloohm gegenüber Gleichstrom von 2 Volt Spannung bei zweistündlichen Messungen.

	6 ^h	8 ^h	10 ^h	12 ^h	14 ^h	16 ^h	18 ^h	20 ^h	22 ^h	24 ^h	2 ^h	4 ^h
4.7.	2308	2656	1693	1495	2308	1820	1088	1495	73	92	1643	1643
5.7.	1643	2308	2656	2308	3120	3120	102	3120	102	165	1820	1643
6.7.	1820	2656	--	--	--	--	47	3120	82	2308	3120	2656
7.7.	3120	3770	3120	3770	3120	3770	3770	--	120	190	149	2656
8.7.	3120	2656	3120	3120	3120	3120	--	--	--	--	--	--
11.7.	3120	2308	444	3120	3120	592	358	206	97	97	--	620
12.7.	2656	397	2036	89	141	567	358	567	43	225	683	1495
13.7.	1495	799	180	683	2036	185	165	1643	65	84	--	--

	Tagessummen der Widerstände	Anzahl der Messungen	Tagesmittel wert
4.7.	18264	12	1522,0
5.7.	22107	12	1842,3
6.7.	15809	8	1976,1
7.7.	27555	11	2505,0
8.7.	18256	6	3042,6
11.7.	14082	11	1280,2
12.7.	9257	12	771,4
13.7.	7335	10	733,5

Tabelle der prozentualen Schwankungen des Gleichstromwiderstandes um das jeweilige Tagesmittel.

	6 ^h	8 ^h	10 ^h	12 ^h	14 ^h	16 ^h	18 ^h	20 ^h	22 ^h	24 ^h	2 ^h	4 ^h
4.7.	152	175	108	98	152	119	71	98	5	6	108	108
5.7.	89	125	145	125	169	169	6	169	6	9	99	89
6.7.	93	134	--	--	--	--	2	158	4	117	158	134
7.7.	125	150	125	150	125	150	150	--	5	8	6	106
8.7.	102	87	103	103	102	103	--	--	-	-	-	--
11.7.	244	180	34	244	244	46	28	16	8	8	-	48
12.7.	344	51	264	11	18	74	46	74	6	29	89	194
13.7.	+ 204	+ 109	+ 25	+ 93	+ 278	+ 25	+ 22	+ 224	+ 9	+ 11	+ -	+ --
Summe	1353	1011	804	824	1088	686	325	739	43	188	460	679
n	: 8	: 8	: 7	: 7	: 7	: 7	: 7	: 6	: 7	: 7	: 5	: 6
AM	169,1	126,4	114,9	117,7	155,4	98,0	46,4	123,2	6,1	26,9	92,0	113,2

A M = mittlere prozentuale Schwankung zur jeweiligen Tageszeit.

Frank (II)

Tabelle der absoluten Hautwiderstandswerte in Kiloohm gegenüber Gleichstrom von 2 Volt Spannung bei zweistündlichen Messungen.

	6 ^h	8 ^h	10 ^h	12 ^h	14 ^h	16 ^h	18 ^h	20 ^h	22 ^h	24 ^h	2 ^h	4 ^h
4.7.	1088	1643	1495	1643	303	190	89	97	110	89	225	412
5.7.	358	303	542	105	120	130	99	69	99	145	201	175
6.7.	149	134	--	--	--	--	170	92	41	99	89	313
7.7.	245	383	397	371	276	134	170	--	92	110	245	294
8.7.	195	620	383	102	1017	285	--	--	--	--	--	--
11.7.	1088	1371	1088	897	1017	542	479	799	84	108	--	620
12.7.	567	1263	412	105	718	1088	542	718	51	94	245	334
13.7.	757	1088	170	149	799	1017	397	683	84	145	--	--

	Tagessummen der Widerstände	Anzahl der Messungen	Tagesmittel wert
4.7.	7384	12	615,3
5.7.	2346	12	195,5
6.7.	1087	8	135,9
7.7.	2717	11	247,0
8.7.	2602	6	433,7
11.7.	8093	11	735,7
12.7.	6137	12	511,4
13.7.	5789	10	578,9

Tabelle der prozentualen Schwankungen des Gleichstromwiderstandes um das jeweilige Tagesmittel.

	6 ^h	8 ^h	10 ^h	12 ^h	14 ^h	16 ^h	18 ^h	20 ^h	22 ^h	24 ^h	2 ^h	4 ^h
4.7.	177	267	243	267	49	31	14	16	18	14	37	67
5.7.	183	155	277	54	61	66	51	35	51	74	103	90
6.7.	110	99	--	--	--	--	125	68	30	73	65	230
7.7.	99	155	161	150	112	54	69	--	37	45	99	119
8.7.	45	143	88	24	234	66	--	--	--	--	--	--
11.7.	148	186	148	122	138	74	65	109	11	15	--	84
12.7.	111	247	81	21	140	213	106	140	10	18	48	65
13.7.	131	188	29	26	138	175	155	118	15	25	--	--
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Summe	1004	1440	1027	664	872	679	585	486	172	264	352	655
n	: 8	: 8	: 7	: 7	: 7	: 7	: 7	: 6	: 7	: 7	: 5	: 6
AM	125,5	180,0	146,7	94,9	124,6	97,0	83,6	81,0	24,6	37,7	70,4	109,2

A M = mittlere prozentuale Schwankung zur jeweiligen Tageszeit.

Walter(III)

Tabelle der absoluten Hautwiderstandswerte in Kiloohm gegenüber Gleichstrom von 2 Volt Spannung bei zweistündlichen Messungen.

	6 ^h	8 ^h	10 ^h	12 ^h	14 ^h	16 ^h	18 ^h	20 ^h	22 ^h	24 ^h	2 ^h	4 ^h
21.6.	2656	2036	3120	117	303	195	845	592	92	252	141	212
22.6.	3120	4745	2656	175	1371	195	520	94	108	127	153	185
23.6.	3120	4745	3770	245	294	--	153	87	61	69	1 820	2 036
24.6.	3120	3770	358	358	99	108	427	63	110	33	201	2 036
25.6.	479	75	94	195	245	206	84	231	190	268	--	294
26.6.	1495	2656	161	567	110	75	114	427	77	161	--	953
27.6.	1088	206	89	56	92	87	89	84	127	2036	383	2308
28.6.	2308	592	650	461	845	499	80	2036	--	185	799	2308
29.6.	499	114	117	285	92	89	225	427	108	114	799	170
30.6.	1820	75	3770	201	141	285	1017	255	92	--	2308	2656

	Tagessummen der Widerstände	Anzahl der Messungen	Tagesmittel wert
--	-----------------------------	----------------------	------------------

21.6.	1 0561	12	880,0
22.6.	13449	12	1120,8
23.6.	16400	11	1490,9
24.6.	1 0683	12	890,3
25.6.	2361	11	214,6
26.6.	6797	11	617,8
27.6.	6645	12	553,8
28.6.	1 0763	11	978,5
29.6.	3039	12	253,3
30.6.	12590	11	1144,5

Tabelle der prozentualen Schwankungen des Gleichstromwiderstandes um das jeweilige Tagesmittel.

	6 ^h	8 ^h	10 ^h	12 ^h	14 ^h	16 ^h	18 ^h	20 ^h	22 ^h	24 ^h	2 ^h	4 ^h
21.6.	302	231	355	13	34	22	96	67	11	29	16	24
22.6.	278	423	237	16	122	18	46	8	10	11	14	17
23.6.	209	318	253	16	20	--	10	6	4	5	122	137
24.6.	351	423	40	40	11	12	48	7	12	4	23	229
25.6.	223	35	43	91	114	96	39	108	89	125	--	137
26.6.	242	430	26	92	18	12	18	69	13	26	--	154
27.6.	196	37	16	10	17	16	16	15	23	368	69	417
28.6.	236	61	66	47	86	51	8	208	--	19	82	236
29.6.	197	45	46	113	36	35	89	169	43	45	315	67
30.6.	159	7	329	17	12	25	89	20	8	--	202	232
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Summe	2393	2010	1411	455	470	287	459	677	213	632	843	1650
n	:10	:10	:10	:10	:10	:9	:10	:10	:9	:9	:8	:10
AM	239,3	201,0	141,1	45,5	47,0	31,9	45,9	67,7	23,7	70,2	105,4	165,0

A M = mittlere prozentuale Schwankung zur jeweiligen Tageszeit.

Günther (III)

Tabelle der absoluten Hautwiderstandswerte in Kiloohm gegenüber Gleichstrom von 2 Volt Spannung bei zweistündlichen Messungen.

	6 ^h	8 ^h	10 ^h	12 ^h	14 ^h	16 ^h	18 ^h	20 ^h	22 ^h	24 ^h	2 ^h	4 ^h
21.6.	67	1820	1088	127	542	718	1643	268	54	1643	897	1017
22.6.	1495	1643	1643	127	61	1495	1495	1643	38	40	170	592
23.6.	567	1371	114	953	294	650	56	114	21	427	592	953
24.6.	845	1371	1820	114	1371	108	102	137	73	567	294	845
25.6.	1495	845	145	520	153	134	61	157	185	180	218	444
26.6.	499	1170	238	110	260	444	94	56	49	231	--	397
27.6.	479	650	397	149	80	620	67	180	21	346	427	479
28.6.	542	718	334	185	201	427	397	130	--	58	371	461
29.6.	499	799	285	145	61	54	99	303	49	190	285	252
30.6.	218	94	324	75	201	105	130	276	52	--	294	427

	Tagessummen der Widerstände	Anzahl der Messungen	Tagesmittel wert
21.6.	9884	12	823,7
22.6.	10442	12	870,2
23.6.	6112	12	509,3
24.6.	7647	12	637,3
25.6.	4537	12	378,1
26.6.	3548	11	322,5
27.6.	3895	12	324,6
28.6.	3824	11	347,6
29.6.	3021	12	251,8
30.6.	2196	11	199,6

Tabelle der prozentualen Schwankungen des Gleichstromwiderstandes um das jeweilige Tagesmittel.

	6 ^h	8 ^h	10 ^h	12 ^h	14 ^h	16 ^h	18 ^h	20 ^h	22 ^h	24 ^h	2 ^h	4 ^h
21.6.	8	221	132	16	66	87	199	33	7	199	109	123
22.6.	172	189	189	14	7	172	172	189	4	5	19	68
23.6.	111	269	23	187	58	128	11	22	4	84	116	187
24.6.	133	215	286	18	215	17	16	21	11	89	46	133
25.6.	395	224	38	138	40	35	16	42	49	48	58	117
26.6.	155	363	74	34	80	138	29	17	15	72	-	123
27.6.	147	200	122	46	25	191	21	55	6	107	132	148
28.6.	156	206	96	53	58	123	114	37	-	17	107	133
29.6.	198	317	113	58	24	22	39	120	20	76	113	100
30.6.	109	47	162		101	53	65	138	26	-		214
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Summe	1584	2251	1235	602	674	966	682	674	142	697	847	1346
n	:10	:10	:10	:10	:10	:10	:10	:10	:9	:9	:9	:10
AM	158,4	225,1	123,5	60,2	67,4	96,6	68,2	67,4	15,8	77,4	97,1	134,6

AM = mittlere prozentuale Schwankung zur jeweiligen Tageszeit.

Michel (IV)Tabelle der absoluten Hautwiderstandswerte in Kiloohm gegenüber Gleichstrom von 2 Volt Spannung bei zweistündlichen Messungen.

	6 ^h	8 ^h	10 ^h	12 ^h	14 ^h	16 ^h	18 ^h	20 ^h	22 ^h	24 ^h	2 ^h	4 ^h
4.6.	--	--	--	--	--	--	201	225	114	89	84	195
5.6.	149	212	180	185	47	195	303	195	40	130	141	141
6.6.	334	185	334	285	47	238	149	620	75	56	33	170
7.6.	245	383	225	195	33	231	137	175	47	127	130	285
8.6.	294	99	427	212	41	346	190	195	47	51	--	75
9.6.	180	276	346	383	285	542	130	149	75	29	40	87
10.6.	114	195	149	175	92	313	225	195	59	34	56	195
11.6.	61	185	110	130	22	123	105	71	38	30	47	82
12.6.	114	195	117	114	114	92	61	47	47	51	47	58
13.6.	82	69	49	65	92	69	73	67	34	25	29	61
14.6.	195	108	102	71	63	56	75	114	20	82	43	--
15.6.	73	56	67	69	61	108	73	89	67	67	84	134
16.6.	97	87	114	75	44	141	--	--	--	--	--	--

	Tagessumme der Widerstände	Anzahl der Messungen	Tagesmittel wert
4.6.	908	6	151,3
5.6.	1918	12	159,8
6.6.	2526	12	210,5
7.6.	2213	12	184,4
8.6.	1977	11	179,7
9.6.	2522	12	210,2
10.6.	1802	12	150,0
11.6.	1004	12	84,0
12.6.	1057	12	88,1
13.6.	715	12	59,6
14.6.	929	11	84,5
15.6.	948	12	79,0
16.6.	558	6	93,0

Tabelle der prozentualen Schwankungen des Gleichstromwiderstandes um das jeweilige Tagesmittel.

	6 ^h	8 ^h	10 ^h	12 ^h	14 ^h	16 ^h	18 ^h	20 ^h	22 ^h	24 ^h	2 ^h	4 ^h
4.6.	--	--	--	--	--	--	133	149	75	59	55	129
5.6.	93	133	112	116	30	122	190	122	25	81	88	88
6.6.	159	88	159	135	22	113	71	294	36	27	15	81
7.6.	133	208	122	106	18	125	74	95	25	69	70	155
8.6.	164	55	238	118	23	192	106	108	26	28	--	42
9.6.	86	131	164	182	136	258	62	71	36	14	19	41
10.6.	76	130	99	116	61	209	150	130	39	23	37	130
11.6.	73	221	131	155	27	147	126	85	45	36	56	98
12.6.	130	221	133	130	130	104	69	53	53	58	53	66
13.6.	137	116	82	109	154	116	122	113	57	42	49	103
14.6.	231	128	121	84	74	66	89	135	24	97	51	--
15.6.	92	71	85	87	77	137	92	113	85	85	106	170
16.6.	+ 104	+ 93	+ 123	+ 81	+ 47	+ 152	+ --	+ --	+ --	+ --	+ --	+ --
Summe	1478	1595	1569	1419	799	1741	1284	1468	526	619	599	1103
n	:12	:12	:12	:12	:12	:12	:12	:12	:12	:12	:11	:11
AM	123,2	132,9	130,8	118,3	66,6	145,1	107,0	122,3	43,8	51,6	54,5	100,3

A M = mittlere prozentuale Schwankung zur jeweiligen Tageszeit.

Herbert (IV)

Tabelle der absoluten Hautwiderstandswerte in Kiloohm gegenüber Gleichstrom von 2 Volt Spannung bei zweistündlichen Messungen.

	6 ^h	8 ^h	10 ^h	12 ^h	14 ^h	16 ^h	18 ^h	20 ^h	22 ^h	24 ^h	2 ^h	4 ^h
4.6.	--	--	--	--	--	--	718	1643	358	56	524	371
5.6.	718	718	620	620	195	108	87	157	383	87	303	461
6.6.	845	683	69	1088	185	114	--	757	397	334	383	620
7.6.	718	567	161	683	225	87	170	567	65	346	567	757
8.6.	650	47	1170	718	799	225	94	99	87	231	--	444
9.6.	1495	1820	1371	479	1643	52	105	757	82	195	757	1263
10.6.	953	897	953	953	845	201	161	1371	953	80	479	358
11.6.	757	1495	567	542	94	683	1495	650	190	592	757	592
12.6.	1820	2036	56	195	1820	130	953	383	157	427	303	383
13.6.	1495	757	757	520	346	1820	92	757	427	397	165	757
14.6.	1643	897	1495	358	195	313	110	650	54	157	334	--
15.6.	383	427	620	717	650	1371	479	520	252	717	218	542
16.6.	757	65	195	757	1151	1170	--	--	--	--	--	--

	Tagessumme der Widerstände	Anzahl der Messungen	Tagesmittel wert
4.6.	3470	6	578,3
5.6.	4457	12	371,4
6.6.	5475	11	498,7
7.6.	4913	12	409,4
8.6.	4564	11	415,9
9.6.	10019	12	835,9
10.6.	8204	12	684,7
11.6.	8614	12	701,0
12.6.	8663	12	722,0
13.6.	8290	12	691,0
14.6.	6206	11	564,0
15.6.	6896	12	575,6
16.6.	2995	6	499,0

Tabelle der prozentualen Schwankungen des Gleichstromwiderstandes um das jeweilige Tagesmittel:

	6 ^h	8 ^h	10 ^h	12 ^h	14 ^h	16 ^h	18 ^h	20 ^h	22 ^h	24 ^h	2 ^h	4 ^h
4.6.	--	--	--	--	--	--	124	284	62	10	56	64
5.6.	194	193	167	167	53	29	23	42	103	23	82	124
6.6.	170	137	14	219	37	23	--	152	80	67	77	124
7.6.	176	138	39	167	55	21	42	138	16	85	138	185
8.6.	157	11	282	173	192	54	23	24	21	56	--	107
9.6.	179	218	164	57	197	6	13	91	10	23	91	151
10.6.	139	131	139	139	124	29	24	201	139	12	70	53
11.6.	109	213	81	77	13	97	213	93	27	84	109	84
12.6.	252	282	8	27	252	18	132	53	22	59	42	53
13.6.	216	110	110	75	50	263	13	110	62	57	24	110
14.6.	291	159	265	63	35	55	20	115	10	28	59	--
15.6.	67	74	108	125	113	239	83	90	44	125	38	94
16.6.	152	13	39	152	10	234	--	--	--	--	--	--
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Summe	2102	1679	1416	1441	1131	1068	710	1393	596	629	786	1149
n	:12	:12	:12	:12	:12	:12	:11	:12	:12	:12	:11	:11
AM	175,2	139,9	118,0	120,0	94,3	89,0	64,5	116,1	49,7	52,4	71,5	104,5

A M = mittlere prozentuale Schwankung zur jeweiligen Tageszeit.

Für die Anregung zu dieser Arbeit und die Übernahme des Referates bin ich Herrn Privatdozenten Dr. Theodor HELLBÜGGE zu grossem Dank verpflichtet.

Herrn Professor Dr. Gerhard WEBER, Direktor der Universitäts-Kinderpoliklinik München, danke ich für die Übernahme des Correferates und für die Erlaubnis zu den Untersuchungen in seiner Klinik.

Herrn Dr. med. et phil. Joseph RUTENFRANZ vom Max-Planck-Institut für Arbeitsphysiologie in Dortmund danke ich ganz besonders für die Überlassung der Messapparatur und für seine Hilfe bei der Literaturbeschaffung und bei der Auswertung der Ergebnisse.

Für die Erlaubnis zu Untersuchungen in ihren Häusern bin ich auch Herrn Professor Dr. ROHRSCHEIDER, Direktor der Universitäts-Augenklinik München, und Herrn Dr. MEHRINGER, Direktor des städtischen Waisenhauses München, zu grossem Dank verpflichtet.

Lebenslauf

Am 12. Juli 1930 wurde ich, Werner Niggeschmidt, als Sohn des Diplom-ingenieurs Joseph Niggeschmidt und seiner Ehefrau Elisabeth, geborene Schrader, zu Berlin geboren.

Ab Ostern 1937 besuchte ich die Volksschule in Berlin und danach seit Herbst 1941 für zwei Jahre das Gymnasium zu Berlin-Steglitz. Nach mehreren durch den Krieg bedingten Schulwechseln war ich seit Ostern 1948 Schüler der Ostendorf-Schule in Lippstadt (Westfalen), einer Oberschule für Jungen, wo ich Ostern 1951 die Reifeprüfung ablegte.

Im Sommersemester 1951 begann ich an der Universität München das Studium der Medizin. Nach dem Sommersemester 1953 bestand ich die ärztliche Vorprüfung. Danach studierte ich zwei Semester an der Freien Universität Berlin. Vom achten Studiensemester ab war ich wieder an der Universität in München, wo ich am 13. Dezember 1956 die ärztliche Prüfung bestand. Seither betätige ich mich zur Erlangung der Bestallung als Arzt als Medizinalassistent.

